

0-773197

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

Меркулова Ольга Алексеевна



ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И КИНЕМАТИКИ КАНДИДАТОВ В
ГАЛАКТИКИ С ПОЛЯРНЫМИ КОЛЬЦАМИ

Специальность 01.03.02 -- астрофизика и радиоастрономия

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Санкт-Петербург -- 2008

Работа выполнена на кафедре астрофизики математико-механического факультета
Санкт-Петербургского государственного университета

Научный руководитель:

кандидат физико-математических наук, доцент Яковлева Валерия Александровна.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук, профессор Гнедин Юрий Николаевич, Главная
(Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
кандидат физико-математических наук Макаров Дмитрий Игоревич, Специальная
Астрофизическая Обсерватория РАН.

Ведущая организация:

Государственный Астрономический институт имени П.К.Штернберга МГУ.

Защита состоится "23" декабря 2008 г. в 15 ч. 30 м. на заседании совета Д 212.232.15
по защите докторских и кандидатских диссертаций при Санкт-Петербургском государ-
ственном университете по адресу: 198504, Санкт-Петербург, Старый Петергоф, Универ-
ситетский пр., 28, ауд. 2143 (математико-механический факультет).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке СПбГУ

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА КГУ



0000439086

Автореферат разослан " 20.11 " 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Орлов В.В.

Общая характеристика работы

Актуальность темы

Исследование механизмов, ответственных за эволюцию галактик и образование в них различных фотометрических и кинематических пекулярностей, – одно из наиболее активно развивающихся направлений во внегалактической астрофизике в настоящее время. При этом наблюдаемые проявления эволюции, вызываемые как внешними факторами, так и внутренними процессами, зачастую бывают похожи. В связи с этим различными исследовательскими группами прикладываются большие усилия для интерпретации этих пекулярностей для каждой наблюдаемой галактики. Современное состояние вопроса довольно полно изложено в работах Корменди и Кенникатт (2004) и Комб (2004).

Начиная с 90-х годов, в ряду этих исследований особое место занимает изучение галактик с полярными кольцами (ГПК), представляющих собой динамически пекулярные системы, в которых существуют кольцо или диск, состоящие из газа, пыли и звезд, и вращающиеся в плоскости примерно ортогональной (полярной) к основному диску галактик. В 1990 году в результате систематического поиска ГПК был составлен “Каталог галактик с полярными кольцами, кандидатов и сходных объектов” (Уайтмор и др., 1990), который включает в себя всего 157 объектов. Предполагалось, что подобные полярные структуры возникают при взаимодействии галактик (слиянии или газовой аккреции), что подтверждается результатами численного моделирования (Беки, 1997; Решетников и Сотникова, 1997; Бурно и Комб, 2003). Примерно в это же время в НИ-АИ им. Соболева СПбГУ была начата программа по детальному фотометрическому и спектральному исследованию ГПК из каталога Уайтмора и др. (1990) (см. Решетников и Комб (1994), Решетников (2004), Гаген-Торн и др. (2003, 2005), Шаляпина и др. (2002, 2004а,б), Каратаева и др., (2004а,б), Яковлева и Каратаева (2004) и др.). Интерес к этим объектам усиливается также из-за информации о 3-мерном потенциале центральной галактики и о темном гало, которую можно получить благодаря уникальной геометрии ГПК (Швейцер, Уайтмор и Рубен (1983), Сакетт и др. (1994), Иодис и др. (2006)).

За последние 15 лет анализ работ, проводившихся разными научными группами, показал, что реальность не сводится к простой схеме, предполагавшейся изначально. Наряду с “классическими” полярными кольцами, появление которых, вероятнее всего, вызвано взаимодействием галактик, были обнаружены структуры, явно не родственные полярным кольцам и выпадающие из стандартной схемы. Широкую известность получили работы Корменди (Корменди и Кенникатт (2004), Корменди (2007)), Сильченко (Сильченко (2005), Сильченко и Моисеев (2006)), Афанасьева (Сильченко и Афанасьев (2000), Сильченко и Афанасьев (2004)), Корсини (Корсини и др. (2003), Корсини, Пиццелла, Бертола (2002)), Бертола (Бертола и Корсини (1999), Коккато и др. (2004)) и др., в которых были описаны вновь обнаруженные фотометрические и кинематические особенности такие как: псевдобалджи, внутренние полярные кольца, химически и кинематически выделенные ядра и т.п. При этом взаимодействие между галактиками (внешние факторы), возможно, не всегда является доминирующим при образовании этих структур. Существуют весьма веские соображения, говорящие о том, что возникновение подобных структур есть результат внутренних эволюционных механизмов. Совершенно очевидно, что для уверенного разделения внутренних и внешних факто-

ров необходимо проведение дальнейших детальных спектральных и фотометрических исследований подобных объектов с целью подробного анализа динамики, структуры и звездного населения пекулярных галактик.

Традиционные методы длиннощелевой спектроскопии хорошо зарекомендовали себя при построении кривых вращения пекулярных галактик. К сожалению, эти методы оказались мало эффективны при исследовании галактик с многокомпонентной кинематической структурой. Именно сочетание телескопов, обладающих высокой проникающей силой, и панорамных спектральных приборов дало астрофизикам уникальную возможность проводить детальный анализ сложных полей скоростей пекулярных галактик. Появившиеся в последние десятилетия в CAO РАН и установленные на 6-м телескопе приборы: мультизрачковый полевой спектрограф (MPFS) и интерферометр Фабри-Перо (ИФП) – как раз и позволили ставить и решать такого класса задачи, выявляющие тонкие детали кинематики галактик. Следует отметить, что подобных наблюдений в современной практике очень немного, их с полным основанием можно рассматривать как “штучный товар”. Наш опыт работы в области панорамной спектроскопии убедил нас в том, что эти перспективные новые методы иногда бывает полезно дополнять наблюдениями с длинной щелью (проникающая способность которых выше), это особенно верно для получения информации о лучевых скоростях (в частности, звездного компонента) на больших расстояниях от центра галактики, чем позволяет поле MPFS. Следует отметить, что часто выбор того или иного сценария возникновения кинематической пекулярности трудно сделать без привлечения фотометрических данных. В связи с этим также используются методы поверхностной фотометрии для анализа распределения яркости объектов в непрерывном спектре и в эмиссионных линиях.

Цель и задачи исследования

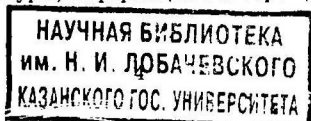
Основной задачей нашего исследования было получение новых наблюдательных данных для некоторых кандидатов в ГПК методами длиннощелевой и панорамной спектроскопии. Цель работы состояла в изучении морфологических особенностей и причин их формирования у этих галактик. Дополнительной задачей являлось исследование физических условий в областях формирования эмиссионных линий и анализ химического состава и возраста звездного населения.

Научная новизна

Для 6 пекулярных галактик, 5 из которых являются кандидатами в ГПК, получены новые наблюдательные данные методами длиннощелевой и панорамной спектроскопии, которые позволили детально изучить морфологию и кинематику газовой и звездной составляющих.

Для галактик NGC 2748 и UGC 4385 *впервые* построены крупномасштабные поля скоростей ионизованного газа.

Для UGC 5119 по данным MPFS *впервые* получено поле скоростей звездного компонента в центральной области, что позволило сопоставить его кинематику с кинематикой внешней пекулярной подструктуры, информация о которой доступна лишь по длиннощелевым данным.



Было показано, что:

- UGC 5600 представляет собой не просто галактику с внутренним полярным кольцом, а является более сложным многокомпонентным объектом, в котором, четко выделяются несколько кинематических подсистем;
- UGC 5609 – это спиральная галактика позднего типа с двумя спиральными рукавами, изогнутыми по дугам;
- NGC 2748 и UGC 5119 являются галактиками со звездными оболочками;
- UGC 4385 представляет собой пару галактик, находящихся в процессе лобового столкновения, в результате чего одна из галактик претерпевает расширение;
- A0323-0430 является спиральной галактикой с баром.

Научная и практическая ценность работы

Поля скоростей звездных и газовых составляющих, полученные в работе, важны для численного моделирования подобных систем, так как накладывают существенные ограничения на выбор начальных условий.

Поскольку изучение галактик с разными типами пекулярностей может дать сведения о характере взаимодействия и эволюции галактических систем, исследование кандидатов в ГПК представляет большой интерес.

На основании сопоставления данных, полученных с длиннощелевым спектрографом и панорамными приборами, была показана важность панорамной спектроскопии для однозначной интерпретации наблюдательных данных сложных многокомпонентных систем, например, таких как UGC 5600/09, UGC 4385; при этом (на примере галактик UGC 5119, NGC 2748, A0323-0430) было отмечено, что также не теряют своей значимости и наблюдения с длинной щелью, особенно для получения информации о лучевых скоростях (в частности, звездного компонента) на больших расстояниях от центра галактик.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Результаты спектрального исследования пары взаимодействующих галактик VV 330, на основании которых был сделан вывод о существовании у галактики UGC 5600 трех кинематических подсистем, а в отношении галактики-компаньона UGC 5609 сделано заключение, что это спиральная галактика позднего типа, форма которой искажена в результате взаимодействия.
2. Результаты изучения структуры и кинематики двух пекулярных галактик NGC 2748 и UGC 5119 и вывод о наличии у них звездных оболочек, вращающихся вокруг больших осей галактик, а также результаты исследования возраста и металличности звездного населения галактики UGC 5119 и вывод о разном составе звездного населения окоядерной области галактики и звездной оболочки.

3. Результаты спектрального исследования галактики UGC 4385 и заключение о том, что этот пекулярный объект представляет собой две галактики, находящиеся в процессе лобового столкновения, в результате которого у одной из них появляются признаки “столкновительной” галактики.
4. Результаты фотометрического и спектрального исследования возможного кандидата в ГПК A0323-0430 и заключение о том, что эта галактика не принадлежит к классу галактик с полярными кольцами, а является спиральной галактикой с баром типа *SBb*.

Апробация результатов

Результаты работы были представлены на 4-х всероссийских и 3-х международных конференциях:

- Молодежная научная конференция “Физика и прогресс”, Санкт-Петербург, 2005 г.
- “Актуальные проблемы внегалактической астрономии”, Пушино, 2006 г., 2007 г.
- “Dynamics of Galaxies”, Санкт-Петербург, 2007 г.
- “Formation and Evolution of Galaxy Disks”, Рим, 2007 г.
- Всероссийская астрономическая конференция ВАК-2007, Казань, 2007 г.
- “Evolution of Cosmic Objects Through Their Physical Activity”, Бюракан, 2008 г.

А также на всероссийской школе для молодых ученых “Современные методы астрономической спектроскопии”, CAO РАН, 2006 г.

Содержание диссертации

Диссертационная работа состоит из Введения, четырех глав и Заключения. Список цитируемой литературы содержит 108 наименований. Общий объем диссертации составляет 127 страниц.

Во **Введении** обосновывается актуальность работы, цели и задачи проводимого исследования. Описывается новизна подхода к изучению кандидатов в ГПК, обсуждается научная и практическая значимость диссертации. Сформулированы положения, выносимые на защиту, приводится список работ, в которых опубликованы результаты данного исследования. Указан личный вклад автора и апробация результатов.

В **первой главе** описана аппаратура, использовавшаяся при наблюдениях: длиннощелевой (UAGS) и мультызрачковый (MPFS) спектрографы, фокальный редуктор SCORPIO в режимах щелевой спектроскопии и интерферометра Фабри-Перо (ИФП). Приводятся методы обработки данных, полученных с их помощью, и разные подходы к анализу получаемых результатов, а именно: изофотный анализ, фурье-анализ формы изофот, фурье-анализ спиральной структуры, разложение распределения яркости на компоненты, построение кривой вращения по данным длиннощелевой спектроскопии,

анализ полей скоростей методом "наклонных колец", получение химических индексов металлов в Ликской системе индексов (разделы 1.2 – 1.4).

Вторая глава посвящена спектральному исследованию пары взаимодействующих галактик VV 330 (UGC 5600/09), одна из которых является кандидатом в ГПК. Во введении (п.2.1) кратко изложены имеющиеся в литературе данные о галактиках UGC 5600 и UGC 5609. В п.2.3 описана морфология обеих галактик в континууме и в эмиссионной линии H_α по наблюдениям с ИФП. На распределении яркости в континууме UGC 5600 хорошо видны те же особенности, что и на изображениях галактики в широкополосных фильтрах (Каратаева и др., 2001). В направлении E - W на расстоянии $\sim 12''$ от центра на изофотах заметны выступы, названные "внутренним кольцом". Главное тело галактики окружено протяженной внешней оболочкой, имеющей более клочковатую структуру со стороны, обращенной к компаньону. На изображении в линии H_α в центральной части галактики обнаружена вытянутость изофот в направлении E - W, которая совпадает с отмеченной ранее особенностью изофот непрерывного спектра. В этом же пункте представлены результаты Фурье-анализа распределения яркости UGC 5600 в полосе R. Амплитуда второй гармоники оказалась наибольшей, при этом двухрукавная структура вписывается в наблюдаемое распределение яркости при следующих параметрах: $PA = 160^\circ$ и $i = 25^\circ$, где PA – положение большой оси внешней структуры галактики.

Изображения UGC 5609 в континууме и в полосе R представляют собой слабо-светящийся диск почти эллиптической формы. Во внешней части диска наблюдается небольшое увеличение яркости, и создается впечатление присутствия слабосветящейся оболочки с более размытым внутренним краем. Вблизи геометрического центра изофот не заметно какого-либо повышения яркости. Лишь на расстоянии $\sim 8''$ к NE выделяется яркая компактная деталь с изофотами почти сферической формы, которая оказалась звездой нашей Галактики, проецирующейся на диск UGC 5609. Другая заметная деталь расположена к западу от центра и вытянута в направлении N-S. Эта область хорошо видна и на изображениях в ИК-диапазоне (2MASS). Было высказано предположение, что данная протяженная область является главным телом галактики, от которого отходят два дугообразных спиральных рукава или хвоста. Сравнение изображений UGC 5609 в разных цветовых полосах (включая данные DSS) показало, что особенно в голубых лучах UGC 5609 похожа на спиральную галактику, искаженную приливным взаимодействием. Изображение галактики в линии H_α представляет собой слабосветящуюся подложку примерно эллиптической формы с многочисленными яркими конденсациями (HII-областями), расположенными вдоль дугообразных структур.

В п.2.4 проводится анализ кинематики звездной и газовой составляющих двух галактик. Согласно крупномасштабному полю лучевых скоростей, полученному в линии H_α , у галактики UGC 5600 в области "внутреннего кольца" выделяется кинематическая подсистема, вращающаяся вокруг большой оси галактики. Далее в работе отмечается, что в окооядерной области ($r \leq 2''$) направление вращения газа и звезд совпадает. А во внешних частях ось вращения газового компонента наклонена к оси вращения звездного диска. Кроме того, газ в NW-части внешней оболочки удаляется от нас, а в SE – приближается. Анализ крупномасштабного поля лучевых скоростей методом наклонных колец показал, что в области ($3'' \lesssim r \lesssim 10''$) ионизованный газ вращается вокруг большой оси звездного диска, при $r \geq 20''$ динамическая ось газового компонента идет по направлению NW - SE. Это свидетельствует о наличии двух кинематиче-

ских подсистем газа, причем “внутреннее газовое кольцо” лежит в плоскости, полярной к плоскости звездного диска, а плоскости внешнего газового диска и звездного диска некомпланарны. В переходной области ($10'' \leq r \leq 20''$) очень сложная картина поля скоростей, поэтому она была исключена из рассмотрения и строились две отдельные модели для “внутреннего кольца” и внешнего газового диска.

Анализ поля скоростей галактики UGC 5609 (п.2.4.2) также проводился методом “наклонных колец”. Были построены две модели: первая – модель кругового вращения, вторая – модель вращения с расширением. За динамический центр принимались либо центр западной конденсации, которую мы считаем главным телом галактики, либо геометрический центр эллипсов, вписанных в изофоты. Мы не обнаружили признаков существования расширяющейся оболочки (кольца). Поле скоростей описывается моделью кругового движения экспоненциального диска с динамическим центром, сдвинутым примерно на $10''$ к W в центр главного тела.

В п.2.5 перечислены основные наблюдательные особенности и рассмотрены возможные сценарии их возникновения. В качестве одного из вариантов для UGC 5600 рассмотрена гипотеза изогнутого полярного кольца, при которой PA_{dyn} и i_{dyn} изменяются по линейному закону от внутреннего края кольца к внешнему. Модельное поле скоростей удовлетворительно описывает наблюдаемые особенности. На основании всех данных был сделан вывод, что UGC 5609 – это спиральная галактика позднего типа с двумя спиральными рукавами, изогнутыми по дугам, в результате чего создается иллюзия оболочки.

В третьей главе проводится изучение двух пекулярных галактик UGC 5119 (B-9) и NGC 2748 (C-28). Для центральной области UGC 5119 получены данные с использованием MPFS в “зеленом” спектральном диапазоне, а также длиннопелые спектры вдоль большой оси предполагаемого кольца. В п.3.1.3 описываются результаты этих наблюдений. В центральной области ($r \leq 7''$) изофоты имеют почти правильную эллиптическую форму. Форма изовел характерна для диска, вращающегося вокруг малой оси галактики, и в поле скоростей не заметно каких-либо особенностей. Обнаружена особенность в распределении дисперсии скоростей: наблюдается заметная вытянутость изолиний дисперсии скоростей вдоль малой оси галактики. Подобная особенность обычно связывается с присутствием быстро вращающегося дискового компонента. Путем анализа поля скоростей методом “наклонных колец” были определены динамические параметры. На кривой лучевых скоростей вдоль предполагаемого кольца в центральной области наблюдается небольшой градиент лучевых скоростей, связанный с тем, что щель располагалась под небольшим углом к малой оси галактики. Во внешних частях кривой лучевых скоростей ($r \leq -8''$ и $r \geq 10''$) градиент резко увеличивается и составляет ~ 36 км/с/кпк. Этот факт подтверждает существование второй кинематической подсистемы (возможно, “полярного” кольца, вращающегося вокруг большой оси галактики).

В п.3.1.4 для UGC 5119 получены новые данные о возрасте и металличности звездного населения в двух выделенных структурах. На основании сопоставления наблюдаемых величин Ликских индексов с моделями эволюционного синтеза “простого” звездного населения (SSP) оценены отношение содержаний магния и железа, взвешенный по светимости возраст и металличность звездного населения. В результате оказалось, что в центральной области галактики $r \leq 7''$ (3.2 кпк) $[Mg/Fe]$ -отношение близко к солнечному, а в районе кольца оно несколько повышено, но ниже средних значений,

наблюдаемых у эллиптических галактик. Металличность в околоядерной области $\tau \leq 2''$ (1 кпк) высока ($[Z/H] \geq 0.3$) и по данным MPFS уменьшается с расстоянием от центра, а в кольце обнаружено очень низкое содержание металлов. В кольце присутствует старое звездное население, а в околоядерной области ($\tau \leq 1$ кпк) – звездное население более молодое.

В п.3.1.5 обсуждается вся совокупность спектральных и фотометрических данных, и делается следующий вывод: UGC 5119 представляет собой эллиптическую галактику средней светимости с быстро вращающимся дисковым компонентом и звездным, возможно, “полярным” кольцом. Последнее не относится к типичным полярным кольцам, которые богаты газом и молодыми звездами. Причиной возникновения звездного кольца, вероятно, послужил захват и поглощение карликовой эллиптической галактики.

Для анализа структуры галактики NGC 2748 (п.3.2.3) использовались распределения яркости этой галактики в континууме и в эмиссионных линиях H_α и $[NII]\lambda 6584\text{\AA}$, построенные по данным ИФП. Распределение яркости в континууме подобно распределению яркости в широкополосных фильтрах (Гаген-Торн и др., 1996): главное тело эллиптической формы и по обе стороны от большой оси слабые диффузные образования, простирающиеся до расстояний $\tau \approx 1'$ (7.4 кпк). Форма изофот ионизованного газа подобна форме изофот в непрерывном спектре, однако вдоль малой оси эмиссионные линии прослеживаются до меньших расстояний, чем излучение в континууме. Рядом с диффузным излучением наблюдаются многочисленные яркие конденсации, которые концентрируются к плоскости галактики, а также образуют цепочки вдоль спиральных рукавов. Отношение интенсивности линии $[NII]$ к интенсивности линии H_α изменяется от 0.2 до 0.7, из чего следует, что эмиссионные линии в основном возбуждаются фотоионизацией. В связи с тем, что параметры разложения профиля яркости вдоль большой оси, полученные разными авторами, противоречивы, нами было проведено разложение двухмерного распределения яркости NGC 2748 на компоненты в полосе K_s , где влияние пыли минимально.

В п.3.2.4 проводится анализ кинематики газовой и звездной составляющих галактики NGC 2748 на основании полей скоростей и дисперсии скоростей в эмиссионных линиях и кривых лучевых скоростей звездного компонента вдоль большой и малой осей галактики. Анализ крупномасштабного поля лучевых скоростей NGC 2748 методом “наклонных колец” позволил получить значения позиционного угла динамической оси $PA_{dyn} = 222^\circ$ и угла наклона плоскости галактики к картинной плоскости в предположении тонкого диска $i_{dyn} = 67^\circ$ и построить кривую вращения газа. Примерно на расстоянии 1.2 кпк от центра на этой кривой наблюдается локальный максимум, величина скорости в котором равна 124 км/с, а на расстоянии $\tau \sim 5.0$ кпк кривая выходит на плато, при этом $V_{max} = 150$ км/с. Мы попытались представить кривую вращения трехкомпонентной моделью: балдж, диск и сферическое изотермическое гало. Отличие в центральной области (до 2.2 кпк) теоретической кривой вращения от кривой, построенной по наблюдаемому полю скоростей в предположении кругового вращения, свидетельствует о наличии в этой области некруговых движений. Кривая лучевых скоростей звезд вдоль большой оси галактики в целом похожа на соответствующую кривую газового компонента с той лишь разницей, что градиент скорости у нее на прямолинейном участке более пологий. В центральной области ($\tau \leq 20''$) вдоль малой оси скорость звездного компонента не меняется, а во внешних частях кривой обнаружен градиент скорости порядка 26 км/с/кпк.

Для объяснения возникновения наблюдаемых у NGC 2748 особенностей в п.3.2.5 рассматривается сценарий “малого мерджинга” (захват карликовой дисковой галактики). Предполагается, что в случае NGC 2748 наблюдается начальная фаза столкновения дисковой галактики с карликовым спутником, подобный сценарий был рассмотрен для галактики UGC 5119. Звезды разрушившегося спутника имеют компоненту скорости вращения вокруг большой оси галактики и постепенно образуют оболочку, наблюдаемую в виде диффузных образований вдоль малой оси галактики, а газ оседает к ее центру.

В четвертой главе представлены результаты исследования возможных кандидатов в галактики UGC 4385 (PRC C-27) и A0323-0430 (PRC C-17). Для UGC 4385 были проведены наблюдения с ИФП и с помощью длиннощелевого спектрографа. По полученным данным были построены поле скоростей газовой составляющей и распределение яркости в линии H_α и в континууме, а также кривые лучевых скоростей звезд вдоль больших осей главного тела и предполагаемого кольца. На изображении UGC 4385 в K_s полосе (2MASS) (в отличие от ее изображений в оптическом диапазоне) выделяются две яркие области, одна из которых совпадает с максимумом яркости в оптическом диапазоне, а вторая находится на расстоянии $\sim 7''$ к N от него. Спектры этих областей похожи на спектры ядерных областей галактик. Поскольку излучение в полосе K_s в основном обеспечивается старым звездным населением, которое обычно группируется симметрично вокруг динамического центра галактики, было сделано предположение о том, что эти яркие области являются ядрами двух, возможно, сталкивающихся галактик.

В п. 4.1.4 обсуждаются наблюдаемые особенности в кинематике этого объекта. Крупномасштабное поле скоростей в линии H_α галактики UGC 4385 показывает сложный характер движения ионизованного газа. Наиболее четкая структура поля, похожая на вращение наклонного диска, просматривается в области полярного кольца, однако динамический центр смещен к N по отношению к фотометрическому центру яркости и близок к положению северного уярчения в полосе K_s . Мы попытались проанализировать поле скоростей этой подсистемы методом “наклонных колец”. Наилучшее согласие с наблюдениями дала модель кругового вращения кольца с ненулевой радиальной компонентой скорости. Максимальная скорость вращения достигается на расстоянии $30''$ и составляет 60 км/с, скорость расширения линейно возрастает от нулевой на расстоянии $10''$ до 40 км/с (на $r = 35''$). Кривая лучевых скоростей вдоль большой оси имеет негладкий ход, что отражает сложную картину поля, обусловленную присутствием двух кинематических подсистем, вращающихся в разных плоскостях.

На основании всей совокупности данных мы пришли к заключению (п.4.1.5), что в случае UGC 4385 мы скорее всего наблюдаем две галактики, находящиеся в процессе лобового столкновения. Спиральная галактика позднего типа, наклоненная под большим углом к картинной плоскости, как бы “протыкает” вторую галактику, в результате чего у последней появляются признаки “столкновительной” галактики.

Во второй части четвертой главы (п.4.2) приводятся исследования галактики A0323-0430, для которой были сняты спектры в “красном” диапазоне при четырех положениях щели, а также получены изображения в среднелососных фильтрах. Этот объект был отнесен к группе C возможных кандидатов в ГПК: в центральной области его наблюдается яркий внутренний диск ($PA \sim 45^\circ$) и кольцеобразная структура, вытянутая в направлении 135° , кроме того, все это погружено в протяженную внешнюю оболочку с направлением большой оси $\sim 10^\circ$. В п.4.2.2 проводится анализ распределения яркости

в континууме вблизи линии H_{α} , при этом используется Фурье-анализ формы изофот, который позволил заподозрить наличие бара. Во внешних областях диска были обнаружены две слабые спиральные ветви.

Анализ кинематики газа и звезд (п.4.2.3) показал, что у газового компонента наибольшие градиенты лучевых скоростей наблюдаются вдоль $PA = 10^{\circ}$ и $PA = 45^{\circ}$, а при положении щели спектрографа 135° градиент лучевой скорости мал (~ 11 (км/с)/кпк). Зависимость лучевой скорости газа от азимутального угла на разных расстояниях от центра свидетельствует о наличии некруговых движений газа в центральной области галактики. Градиент скорости звезд вдоль тех же направлений меньше, чем у газа, а при $PA = 135^{\circ}$ в центральной области равен нулю. Сложную картину движения газа и звезд и особенности фотометрической структуры можно объяснить существованием крупномасштабного бара с $PA \sim 140^{\circ}$ и размером большой полуоси размером 4.8 кпк. Отношение интенсивностей линий $[NII]/H_{\alpha}$ в области $r \leq 1.8$ кпк свидетельствует об ударном возбуждении свечения, что также подтверждает наличие бара.

В п.4.2.4 перечислены все полученные по фотометрическим и спектральным данным сведения о структуре и кинематике галактики A0323-0430, и на их основании делается вывод о принадлежности этого объекта к классу SBb в Хаббловской классификации галактик.

В заключении перечислены основные результаты, полученные в данной работе.

Основные результаты опубликованы в следующих работах:

1. Меркулова О.А., "Исследование пекулярной галактики A0323-0430", Сборник докладов молодежной научной конференции "Физика и прогресс", 2005, стр. 250 – 258
2. Л.В.Шаляпина, О.А.Меркулова, В.А.Яковлева, Е.В.Волков, "2D-спектроскопия кандидатов в галактики с полярными кольцами. I. Пара галактик UGC 5600/09", Письма в Астрон. журн. (Астрономия и космическая астрофизика), т. 33, стр. 585 – 597, 2007
3. O. Merkulova, L. Shalyapina, V. Yakovleva, "Peculiar galaxies UGC 5119 and NGC 2748 – galaxies with stellar polar rings?", Abstracts of the Conference "Dynamics of Galaxies", p. 29, Pulkovo Observatory, Saint-Petersburg, 2007
4. O. Merkulova, L. Shalyapina, "The multiformity of the galaxies interaction evidence", Book of Abstracts of the Conference "Formation and Evolution of Galaxy Disks", p. 54, Vatican Observatory, Rome, 2007
5. Яковлева В.А., Меркулова О.А., Шаляпина Л.В., Моисеев А.В., "2D-спектроскопия галактик с полярными кольцами", Труды Всероссийской Астрономической Конференции ВАК-2007, стр. 400 – 401, КГУ, Казань, 2007
6. Меркулова О.А., Шаляпина Л.В., Яковлева В.А., Каратаева Г.М., "Спектральное исследование пекулярной галактики UGC 5119", Письма в Астрон. журн. (Астрономия и космическая астрофизика), т. 34, стр. 599 – 608, 2008

7. O.A.Merkulova, V.A.Yakovleva, L.V.Shalyapina, V.A.Hagen-Thorn, "The integral field (3D) spectroscopy of two candidates to the polar-ring galaxies UGC 4385 and UGC 4261", Book of Abstracts of the Conference "Evolution of Cosmic Objects Through Their Physical Activity", p. 30, Byurakan Astrophysical Observatory, Byurakan, 2008

Личный вклад автора

Начиная с 2006 г., наблюдения были получены при непосредственном участии автора, обработка данных длиннощелевой и панорамной спектроскопии выполнена автором. В работах [2], [3], [4], [5], [6], [7] вклад всех соавторов в обсуждение результатов равнозначен.

Список литературы

1. Бекки (K. Bekki), *Astrophys. J.*, **499**, p.635, (1997)
2. Бертола и Корсини (P. Bertola and E.M. Corsini), *Galaxy Interactions at Low and High Redshift*, ed. J. Barnes and D.B. Sanders (Dordrecht: Kluwer Academic Press), IAU Symp., **186**, p.149, (1999)
3. Бурно и Комб (F. Bournaud & F. Combes), *Astron. Astrophys.*, **401**, p.817, (2003)
4. Гаген-Торн и др. (Гаген-Торн В.А., Решетников В.П., Яковлева В.А.), *Астрон. журн.*, **73**, стр.36, (1996)
5. Гаген-Торн и др. (Гаген-Торн В.А., Шаляпина Л.В., Каратаева Г.М. и др.), *Письма в Астрон. журн.*, **29**, стр.133, (2003)
6. Гаген-Торн и др. (Гаген-Торн В.А., Шаляпина Л.В., Каратаева Г.М. и др.), *Астрон. журн.*, **82**, стр.1071, (2005)
7. Иодис и др. (Iodice, E., Arnaboldi, M., Saglia, R. P., et al.) *Astrophys. J.*, **643**, p.200, (2006)
8. Каратаева и др. (Каратаева Г.М., Яковлева В.А., Гаген-Торн В.А., Миколайчук О.В.), *Письма в Астрон. Журн.*, **27**, стр. 94, (2001)
9. Каратаева и др. (G. M. Karataeva, I. O. Drozdovsky, V. A. Hagen-Thorn, et al.), *Astron. J.*, **127**, p.789, (2004a)
10. Каратаева и др. (G.M. Karataeva, N.A. Tikhonov, O.A. Galazutdinova et al.), *Astron. and Astrophys.*, **421**, p.833, (2004b)
11. Коккато и др. (L. Coccato, E. M. Corsini, A. Pizzella et al.), *Astron. Astrophys.*, **416**, p.507, (2004)
12. Комб (F. Combes), *Penetrating Bars through Masks of Cosmic Dust: the Hubble Tuning Fork Strikes a New Note*, Pilanesberg, ed. D. Block et al., Kluwer, (2004) (astro-ph/0406306v1)

13. Корменди (J.Kormendy), *Formation and Evolution of Galaxy Bulges Proceedings IAU Symposium*, eds. M. Bureau et al., No. 245, (2007) (astro-ph/0708.2104v1)
14. Корменди и Кенникатт (J.Kormendy & R.C.Kennicutt Jr.), *Ann. Rw. Astron. Astrophys.*, **42**, p.603, (2004)
15. Корсини и др. (Corsini, E. M., Pizzella, A., Coccato, L., & Bertola, F.), *Astron. Astrophys.*, **408**, p.873, (2003)
16. Корсини, Пиццелла и Бертола (Corsini, E. M., Pizzella, A., & Bertola, F.) *Astron. Astrophys.*, **382**, p.488, (2002)
17. Решетников и Комб (V. Reshetnikov & F. Combes), *Astron. Astrophys.*, **291**, p.57, (1994)
18. Решетников и Сотникова (V. Reshetnikov & N. Sotnikova), *Astron. Astrophys.*, **325**, p.933, (1997)
19. Решетников (V.P. Reshetnikov), *Astron. Astrophys.*, **416**, p.889, (2004)
20. Сакетт и др. (Sackett, P. D. Rix, H., Jarvis, B. J., Freeman, K. C.), *Astrophys. J.*, **436**, p.629, (1994)
21. Сильченко О.К., Письма в Астрон. журн., **31**, стр.250, (2005)
22. Сильченко и Афанасьев (Sil'chenko, O. K., & Afanasiev, V. L.), *Astron. Astrophys.*, **364**, p.479, (2000)
23. Сильченко и Афанасьев (O. K. Sil'chenko & V. L. Afanasiev), *Astron. J.*, **127**, p.2641, (2004)
24. Сильченко и Моисеев (O. K. Sil'chenko & A.V. Moiseev), *Astron. J.*, (2006) (astro-ph/0512431)
25. Уайтмор и др. (B.C.Whitmore, R.A.Lucas, D.B.McElroy, et al.), *Astron. J.*, **100**, p.1489, (1990)
26. Шаляпина и др. (Шаляпина Л.В., Моисеев А.В., Яковлева В.А.), Письма в Астрон. журн., **28**, стр.505, (2002)
27. Шаляпина и др. (Шаляпина Л.В., Моисеев А.В., Яковлева В.А. и др.), Письма в Астрон. журн., **30**, стр.3, (2004а)
28. Шаляпина и др. (Шаляпина Л.В., Моисеев А. В., Яковлева В. А. и др.), Письма в Астрон. журн., **30**, стр.643, (2004б)
29. Швейцер, Уайтмор и Рубен (Schweizer, F., Whitmore, B. C. & Ruben, V. C.), *Astron. J.*, **88**, p.909, (1983)
29. В.А. Яковлева и Г.М. Каратаева, Письма в Астрон. журн., **30**, p.574, (2004)

Подписано к печати 13.11.08. Формат 60 × 84 $\frac{1}{16}$.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать цифровая. Печ. л. 1,0.
Тираж 100 экз. Заказ 4323

Отпечатано в Отделе оперативной полиграфии химического факультета СПбГУ
198504, Санкт-Петербург, Старый Петергоф, Университетский пр., 26
Тел.: (812) 428-4043, 428-6919

102